

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

## **Návrh skládacího termo-krytu bazénu**

### **Design of a Folding Thermo-cover for a Swimming Bath**

Student:

Radek Benada

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Hurníková, Ph.D

Ostrava 2010

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: .....

Radek Benada

Adresa trvalého bydliště:

Luční 5, Kravaře, 747 21

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BENADA, R. *Návrh skládacího termo-krytu bazénu: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra části a mechanismů strojů, 2010, (36) s. Vedoucí práce: Humíková, Š.

Cílem práce bylo navrhnout skládací termokryt bazénu. K realizaci se musí použít stávající třídílný kryt bazénu. Tento kryt se ale musí zvedat ručně a to je pro uživatele jistým problémem. Musí se totiž vejít do bazénu a poté zvednout kryt a přitlačit jej ke stěně. V práci bude navržen uživatelsky přívětivý typ zvedáku, který bude možno ovládat i silou dítěte. Nosné prvky krytu budou vyrobeny z hliníkových částí, které jsou lehké a zároveň odolné vůči korozi.

## ANOTATION OF BACHELOR WORK

BENADA, R. *Design of a Folding Thermo-cover for a Swimming Bath: Bachelor Thesis*. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2010, (36) s. Thesis head: Humíková, Š.

Folding thermo-cover for a swimming Bath was the goal of my project. For realization it have to be used existing three-part thermo-cover. This thermo-cover is have to be holding up by users hands. This could be little problem. User have to go in to the bath, then hold up thermo-cover and push it to a wall. In this work will be proposed user friendly type of lifter, which can be used by power of kid. Carrying component will be made of aluminium parts. Aluminium is light and corrosion resistant.

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Radek Benada**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma:

Návrh skládacího termo-krytu bazénu

Design of a Folding Thermo-cover for a Swimming Bath

Zásady pro vypracování:

- 1) Přehled používaných řešení pro zakrývání malých bazénů.
- 2) Návrh varianty zvedacího mechanismu pro stávající třídílný termokryt bazénu Swim Spa Classic.
- 3) Konstruktivní návrh a výpočty s ohledem na následující podmínky:
  - rozměr bazénu je 4700 mm x 2700 mm
  - rozměr termokrytu 4560 mm x 2375 mm
  - přístup k bazénu je pouze z jedné kratší strany
  - konstrukce by měla být co nejjednodušší
  - konstrukční prvky zvedacího mechanismu - nerezová ocel, povrchově upravený hliník
  - výrobní náklady zvedacího mechanismu by neměly překročit cca 30000,-Kč

Rozsah práce:

cca 30 stran textu mimo přílohy, sestavný výkres s potřebnými detaily, výrobní výkres určeného dílu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce.* 1. vydání. Montanex a.s., Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3, 225s.
- Drastík, F. a kol.: *Strojnické tabulky pro konstrukci a dílnu.* 2. dop. vydání. Montanex a.s. Ostrava, 1999, ISBN 80-85780-95-X., 722s.
- Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka.* 1. vydání Praha: 1993-1998. 8 svazků.
- Němček, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8, 111 s.
- Fotodokumentace elektronická.
- Firemní katalogy, prospekty, normy a www-stránky s danou problematikou.

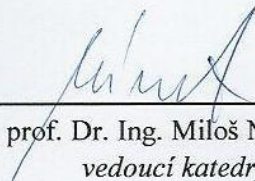
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty



## Obsah

<b>Seznam použitých označení.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Úvod.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Přehled používaných řešení pro zakrývání malých bazénu.....</b>	<b>6</b>
2.1 Větší prostor pod krytem.....	6
2.1.1 Zastřešení bazénů.....	6
2.2 Minimální nebo žádný prostor pod krytem.....	8
2.2.1 Lamely pro roletové krytí bazénu.....	8
2.2.2 Izolační plachta.....	10
2.2.3. Bezpečnostní plachty.....	11
2.2.4 Termokryt SwimSpa.....	12
<b>3. Návrh rámu.....</b>	<b>13</b>
3.1 Návrhový výpočet rámu.....	13
3.1.1 Síly působící na rám .....	13
3.1.2 Výpočet sil $F_L$ , $F_{LY}$ a $F_{LX}$ .....	14
3.1.3 Výpočet kvadratických momentů.....	15
3.1.4 Kontrola na ohyb.....	16
3.1.5 Určení bezpečnosti.....	18
3.2 Kompletace profilů.....	19
3.3 Upevnění krytu k podlaze a k lanu zvedáku.....	19
3.3.1 Podstavec.....	20
3.3.2 Uchycení lana k rámu.....	20
<b>4. Návrh a výpočet lanového navijáku.....</b>	<b>21</b>
4.1 Návrh lana.....	21
4.2 Návrh bubnu.....	21
4.3 Návrh ozubených kol.....	23
4.4 Návrh rohatky.....	24
4.5 Výpočet šroubů k spojení bubnu a ozubeného kola.....	26
4.6 Výpočet hřídele.....	29
4.7 Výpočet průměru hřídele.....	32
4.8 Volba pera.....	32
4.9 Volba ložisek.....	33
<b>5. Závěr.....</b>	<b>34</b>
<b>6. Literatura.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Seznam příloh.....</b>	<b>36</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ

$D_b$	[mm]	průměr bubnu
$D_{bmax}$	[mm]	maximální průměr bubnu
$D_{bmin}$	[mm]	minimální průměr bubnu
$D_d$	[mm]	průměr díry pro šroub
$D_s$	[mm]	roztečný průměr šroubů
$F_K$	[N]	síla vyvozená rukou
$F_L$	[N]	síla vyvozená tažným lanem
$F_{Lx}$	[N]	síla vyvozená tažným lanem v ose x
$F_{Ly}$	[N]	síla vyvozená tažným lanem v ose y
$F_{nav}$	[N]	síla působící do navijáku
$F_o$	[N]	osová síla ve šroubu
$F_p$	[mm]	provozní síla působící na šrouby
$F_{R1}$	[N]	radiální síla z ozubení
$F_{T1}$	[N]	tečná síla z ozubení
$G$	[kg]	hmotnost rámu
$J_x$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadraticky moment
$J_{xT}$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadraticky moment vztažený k těžišti
$L1 \div L4$	[mm]	rozměry pro určení silových poměrů
$L_{nýtu}$	[mm]	délka nýtu
$M_{KB}$	[Nmm]	točivý moment na bubnu
$M_{KK}$	[Nmm]	točivý moment vyvozený klikou
$M_{o I-IV}$	[Nmm]	moment vyvozeny silou na profilu L
$M_{ored}$	[Nmm]	redukovaný moment na hřídeli
$M_{omax}$	[Nmm]	maximální moment na hřídeli
$M_{ox max}$	[Nmm]	maximální moment v ose x
$M_{oy max}$	[Nmm]	maximální moment v ose y
$M_{tm}$	[Nmm]	moment tření v matici
$M_{tz}$	[Nmm]	moment tření v závitu
$M_u$	[Nmm]	utahovací moment na šroubu
$N_R$	[N]	tečná síla působící na zub rohatky
$P$	[mm]	stoupání závitu
$R$	[mm]	poloměr rohatky
$R_A$	[N]	výsledná síla v reakci A
$R_{AX}$	[N]	síla v reakci rámu v ose x



$R_{AY}$	[N]	síla v reakci rámu v ose y
$R_B$	[N]	výsledná síla v reakci B
$R_{e11500}$	[MPa]	mez kluzu materiálu 11500
$R_{e12010}$	[MPa]	mez kluzu materiálu 12010
$R_{mAl}$	[MPa]	mez pevnosti v tahu pro hliník
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha L profilu v řezu
$S_i$	[mm <sup>2</sup> ]	plochy pro výpočet těžiště
$a$	[mm]	tloušťka L profilu
$a_z$	[mm]	délka zubu na hlavové kružnici rohatky
$a_1$	[mm]	styčná plocha západky s rohatkou
$b$	[mm]	výška L profilu
$b_R$	[mm]	šířka rohatky
$d$	[mm]	největší průměr závitu
$d_h$	[mm]	průměr hřídele
$d_h'$	[mm]	předběžný průměr hřídele
$d_L$	[mm]	průměr lana
$d_{nýtu}$	[mm]	průměr nýtu
$d_w$	[mm]	roztečný průměr ozubení
$d_2$	[mm]	střední průměr závitu
$d_3$	[mm]	nejmenší průměr závitu
$f_m$	[-]	součinitel tření pod maticí
$f_t$	[-]	součinitel tření v závitech
$h_{rozdíl}$	[mm]	výškový rozdíl mezi hranou bazénu a okolím
$i_p$	[-]	převodový poměr
$i_s$	[-]	počet šroubů
$k$	[-]	bezpečnostní součinitel přenosu síly
$k_h$	[-]	bezpečnostní součinitel v ohybu
$k_{profilu}$	[-]	výpočtová bezpečnost profilu
$k_s$	[-]	bezpečnostní součinitel rohatky
$l_b$	[mm]	délka bubnu
$l_k$	[mm]	délka kliky
$m_c$	[N]	kompletní hmotnost rámu
$m_k$	[kg]	hmotnost termokrytu bazénu
$m_R$	[mm]	modul rohatky
$m_{rámu}$	[N]	hmotnost rámu

$r_1$	[mm]	poloměr zaoblení zubu rohatky
$s$	[mm]	průměr pod maticí
$s_{min}$	[mm]	minimální tloušťka bubnu
$t_{lana}$	[mm]	stoupání závitů lana na bubnu
$t_{materialu}$	[mm]	tloušťka materiálu předepsaného na nýtování
$t_R$	[mm]	rozteč zubů rohatky
$x_i$	[mm]	vzdálenosti pro výpočet těžiště v ose x
$x_T$	[mm]	vzdálenost krajního vlákna k těžišti v ose x
$y$	[mm]	vzdálenosti od těžiště k počítané straně
$y_T$	[mm]	vzdálenost krajního vlákna k těžišti v ose y
$Z_{lana}$	[závitů]	počet závitů lana na bubnu
$Z_R$	[-]	počet zubů na rohatce
$\alpha$	[°]	úhel pro určení silových poměrů
$\alpha_J$	[°]	součinitel skupiny jeřábů
$\alpha_{zub}$	[°]	úhel na rohatce
$\beta$	[°]	úhel profilu metrického závitu
$\eta_L$	[-]	účinnost ložisek
$\eta_{oz}$	[-]	účinnost ozubení
$\sigma_{A \div E}$	[MPa]	napětí na hranách A÷E
$\sigma_d$	[MPa]	dovolené napětí v ohybu
$\sigma_{OI \div VI}$	[MPa]	napětí na stranách I÷VI
$\sigma_{oh}$	[MPa]	napětí v ohybu na zubu rohatky
$\sigma_{red}$	[MPa]	redukované napětí ve šroubu
$\sigma_{Tah}$	[MPa]	napětí ve šroubu v tahu
$\tau_{Mt_z}$	[MPa]	napětí ve šroubu v krutu
$\varphi'$	[°]	třecí úhel závitu
$\gamma$	[°]	úhel stoupání závitu

## 1. Úvod

Mým úkolem je navrhnout rám třídlílného termokrytu bazénu SwimSpa, který by pomocí jednoduchého zařízení usnadnil manipulaci při odkrývání a zakrývání bazénu.

Bazén, pro který bude rám navržen, je umístěn v rodinném domku, v místnosti velikosti 6200x2700 [mm]. Přístup je pouze z jedné kratší strany (obr. 1.1).



Obr. 1.1 Umístění bazénu

V době pořízení se bazén vyráběl pouze se standardním termokrytem. Termokryt je jeden z typických znaků každého bazénu SwimSpa. Jeho přínos je v mnoha ohledech zásadní. Standardní termokryt se ovšem skládá z několika dílů a manipulace s ním je tak pro jednu osobu poměrně náročná. Termokryt navíc vyžaduje další prostor pro odložení.

Nyní začala firma USSPA s.r.o. vyrábět a nabízet zvedací mechanismus s odlehčenou konstrukcí termokrytu. Nově představovaný termokryt se zvedacím mechanismem je charakterizovaný zcela novou konstrukcí. Termokryt je z jednoho kusu děleného podélně na dvě části. Rámy jsou vyrobeny z profilu lehké slitiny zaručující vysokou tuhost a nízkou hmotnost, což je velmi důležité pro následnou snadnou manipulaci a vynikající užité vlastnosti. Nový mechanický zvedák spolu s termokrytem s odlehčenou konstrukcí umožní odkrýt bazén SwimSpa i jednou rukou.

Montáž zvedáku s novým termokrytem je možná k již instalovaným bazénům. Podmínkou ovšem je, že pro montáž a obsluhu nového zvedáku je nutný přístup k oběma stranám bazénu a podél jedné z delších stran je potřeba 300 [mm] (pro sklápění termokrytu). Bohužel ani jedna z podmínek u stávajícího bazénu není splněna. Z toho důvodu bude navržen rám a zvedací mechanismus pro stávající termokryt bazénu.

## 2. Přehled používaných řešení pro zakrývání malých bazénů

Kryty můžeme rozdělit podle prostoru mezi krytem a vodní hladinou.

- větší prostor pod krytem
- malý nebo žádný prostor pod krytem

### 2.1 Větší prostor pod krytem

#### 2.1.1 Zastřešení bazénů

Pro příjemný pocit z koupání by voda v bazénu pod širým nebem měla dosahovat minimálně 23°C. V našich klimatických podmínkách je však teplé období poměrně krátké. Navíc i v tomto období nepříznivé počasí může bránit využívat venkovní bazén. Zastřešení bazénu pomůže překlenout tyto výkyvy a zároveň prodloužit koupací sezónu z 3 měsíců na 5 - 6 měsíců v roce. Navíc snižuje náklady na úpravu vody a zajistí bezpečnost pro děti nebo domácí zvířata.

Zastřešení se skládá z jednotlivých segmentů. Konstrukce každého segmentu je složena z hliníkových profilů s povrchovou úpravou přírodní elox. Výplně jsou z tepelně izolačních polykarbonátových desek (obr. 2.1).



Obr. 2.1 Kompletní zastřešení [9]

Segmenty jsou opatřeny kolečky, která umožňují snadný pohyb segmentů po kolejišti. Kolejiště z eloxovaného hliníku je ukotveno k dlažbě z vnější strany bazénu. Tvar kolejí napomáhá snadnému udržování v čistotě (obr. 2.2 a obr. 2.3).



Obr. 2.2 Pojezd typ A [10]



Obr. 2.3 Pojezd typ B [10]

Těsnění segmentů je zajištěno originálním způsobem z měkčeného flexibilního kartáče, který těsní konstrukce mezi sebou a nedochází při posuvu zastřešení ke styku s polykarbonátem. Kartáče zamezují spadu hrubých nečistot (obr. 2.4).



Obr. 2.4 Těsnění dveří detail [10]

Různé možnosti posuvných nebo pantových dveří v čelech, popřípadě boční výsuvné nebo posuvné dveře umožňují pohodlný vstup do bazénu a usnadňují regulaci vzduchu a teploty.

#### **Výčet typu zastřešení:**

- Zastřešení bazénu kruhové
- S pojezdem na opěrné zdi
- Zastřešení jednokolejnicové
- Bez kolejnicový systém
- Obloukové zastřešení
- Zastřešení dvou kolejnicové
- Zastřešení bazénu se šikminou



## 2.2 Minimální nebo žádný prostor pod krytem

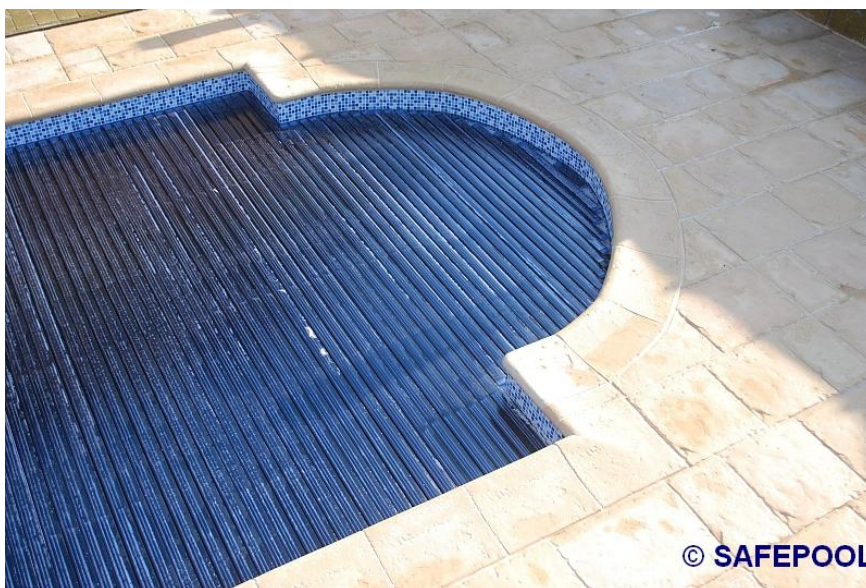
### 2.2.1 Lamely pro roletové krytí bazénu

Stejně jako předchozí varianta, i tato napomáhá udržovat teplotu bazénu na přijatelné výši a snižuje únik tepla až o 85%. Dále zabraňuje nečistotám ve vniku na vodní hladinu. Jedna z hlavních výhod je možnost chodit po vytažených lamelách. Toto chrání malé děti a domácí mazlíčky. Lamelové zakrytí unese kráčející osobu o váze do 80 kg (obr. 2.5). Kryt nepoškodí ani pád předmětu z výšky 0,5 m o hmotnosti do 50 kg.



Obr. 2.5 Ukázka stability [11]

Další výhodou je možnost pokrýt bazén skoro jakéhokoli tvaru (obr. 2.6). Lamely se popřípadě upraví přímo na místě.



Obr. 2.6 Ukázka možností uprav krytu [11]

Kvalita zakrytí je přímo určena kvalitou lamel. Lamely DURE mají koncovku s dvojitým těsněním, 3 velké samostatné komory, rozměr lamel je 60 x 14 mm. Materiál lamel je chráněn UV stabilizátorem. Obvykle jsou k dispozici v mnoha barvách, a také v provedení solárním a transparentním (obr 2.7). Vyrábí se také extrémně odolné a pevné lamely z polykarbonátu v provedení modrá transparentní a solární. Solární lamely efektivně ohřívají bazén a nahrazují nepraktické a neefektivní solární panely při ohřevu bazénu.



Obr. 2.7 Typy lamel [11]

### Druhy uložení lamelového zakrytí:

Nadhladinová instalace lamelového zakrytí s:

- Ručním pohonem, který je vyvozen klikou a přes ozubený převod pohání navíjecí buben (obr. 2.8).
- Automatickým navíjením, kde je pohon realizován elektrickou jednotkou.
  - bez krytu (obr. 2.9)
  - s krytem (obr. 2.10)



Obr. 2.8 Navíjení přes buben [11]



Obr. 2.9 Aut. navíjení bez krytu [11]



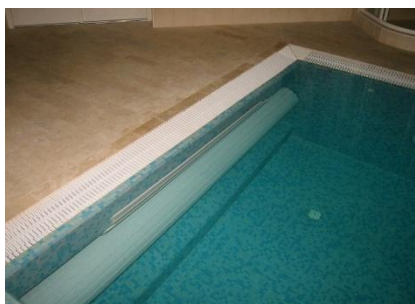


Obr. 2.10 Navíjení s krytem [11]

#### Podhladinové instalace lamelového zakrytí

Jedná se o speciální typ, kdy je navíjecí buben pod vodní hladinou. Výhodné je toto řešení v případě, kdy není kolem bazénu dostatek místa na nadhladinovou instalaci.

Navíjecí zařízení může být umístěno uvnitř bazénu (obr. 2.11) nebo vně, a to v sousedící komoře (obr. 2.12).



Obr. 2.11 Navíjení uvnitř bazénu [12]



Obr. 2.12 Navíjení do vedlejší komory [12]

#### 2.2.2 Izolační plachta

Izolační plachta (obr. 2.13) je levnější variantou lamelového zakrytí, neplní jako toto bezpečnostní funkci, ale 100 % jej nahradí jako tepelná izolace hladiny bazénu a efektivně zabraňuje odparu. Protože 90 % tepelných ztrát je způsobeno vodní hladinou, je důležité dbát na kvalitu a volbu izolační plachty. Izolační plachty se vyrábějí dle požadovaných rozměrů přímo na míru každého bazénu. Jsou šity z jednotlivých pásů polyetylenové pěnové fólie a po obvodě jsou obšity lemovým páskem. Přední strana může být opatřena plovací lamelou pro snadné a přesné navíjení a rozvíjení pomocí elektropohonu. Izolační plachtu lze navíjet a rozvíjet na všech typech bazénových navíjecích zařízení.



Obr. 2.13 Kompletní izolační plachta [13]

### 2.2.3. Bezpečnostní plachty

Bezpečnostní plachta (obr. 2.14) je jednoduše použitelná pro všechny typy bazénů. Je položena na bazénovém lemu a nedotýká se vodní plochy. Splňuje stejné požadavky jako předchozí zakrytí. Bezpečnostní plachta je vyrobena z PVC fólie, která je navíc zesílena tkaninou, jež zvyšuje pevnost plachty. Každých 80 až 100 centimetrů je plachta zesílena tyčí z duralové slitiny. Toto umožňuje pohyb osoby o hmotnosti 85kg nebo zatížení sněhem do výše 15cm. K ustavení polohy jsou použity čelní utahovací pásy, šponovací ráčny, gumové boční napínáky, kotvící kolíky a roztahovací pás.



Obr. 2.14 Kompletní bezpečnostní plachta [13]

### 2.2.4 Termokryt SwimSpa

Jedná se o termokryt navržený výrobcem bazénu SwimSpa. Standardní termokryt SwimSpa se skládá z několika dílů a manipulace s ním je pro jednu osobu poměrně náročná. Termokryt navíc vyžaduje další prostor pro odložení. Proto byl vyvinut mechanický zvedák s novou konstrukcí, díky kterému kryt nyní odkryjete i zakryjete jednou rukou. Mechanický zvedák je zásadní zlepšení a usnadnění provozu i užívání SwimSpa.

Rámy jsou vyrobeny z profilů lehké slitiny zaručující vysokou tuhost a nízkou hmotnost, což je velmi důležité pro následnou snadnou manipulaci a vynikající užité vlastnosti. Dále jsou opatřeny tepelně izolačními materiály s minimálním koeficientem tepelné vodivosti, čímž se dosahuje minimalizace tepelných ztrát při velkém tepelném spádu.

Vlastní šestičlenný zvedací mechanismus, který slouží k definovanému pohybu krytů, obsahuje silové prvky, které zásadním způsobem napomáhají jednoduchému, fyzicky nenáročnému používání.



Obr. 2.15 Termokryt SwimSpa při zvedání [14]

### 3. Návrh rámu

Návrh skládacího krytu bude proveden pro již fungující bazén. Na tomto bazénu je jako kryt použit třídlíný kryt od výrobce bazénů USSPA. Každý z dílů tohoto krytu je vyplněn hustým pěnovým polystyrénem, který zajišťuje výbornou izolaci proti tepelným ztrátám. Vnější strana krytu je opatřena vrstvou vinylu námořní třídy, který odolává výkyvům teplot až do  $-25^{\circ}\text{C}$ . Dále je vybaven pigmenty, které zabraňují vyblednutí barvy.

#### 3.1 Návrhový výpočet rámu

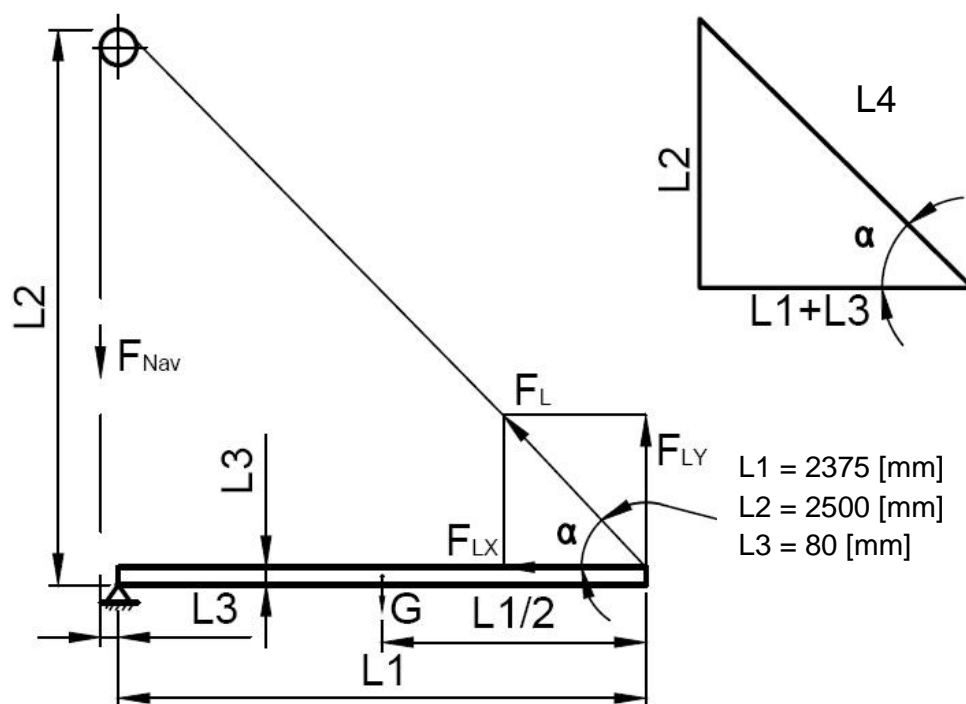
Nejprve je nutno provést silový rozbor. Poté bude provedena kontrola na ohyb ve vytipovaných místech. Hmotnost celého třídlíného krytu byla určena vážením a je stanovena na 80kg.

$$m_k = 80 \text{ [kg]}$$

Rozměry místnosti pro bazén vyplývají ze zadání, avšak pro návrh bude potřeba výška místnosti. Ta po konzultaci je stanovena na 2700 [mm].

##### 3.1.1 Síly působící na rám

Schéma sil působících na kryt je naznačeno na obr. 3.1.



Obr. 3.1 Schéma sil působících na rám termokrytu

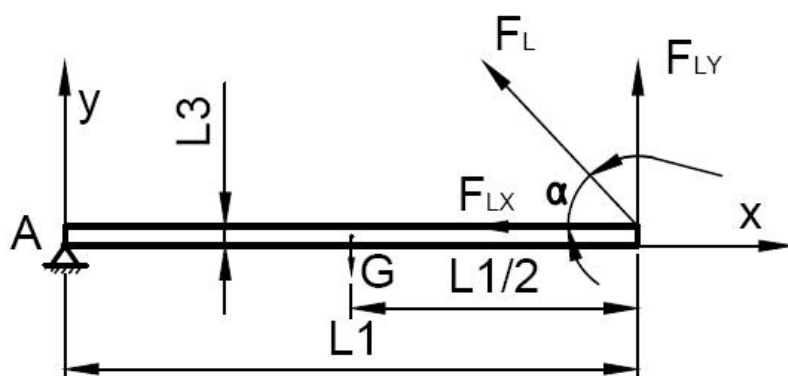
### Výpočet úhlu $\alpha$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2500}{2375 + 80} = 1,018 [-] \quad (3.1)$$

$$\alpha = 45,52 [^\circ]$$

### 3.1.2 Výpočet sil $F_L$ , $F_{LY}$ a $F_{LX}$

Výpočet bude proveden v situaci, kdy je kryt v zavřené poloze (obr. 3.2).



Obr. 3.2 Schéma výpočtového nosníku

Do tíhy  $G$  je započtena hmotnost třídlínného krytu  $m_k=80$  [kg], a také hmotnost rámu. Ta však není známa, a proto je odhadem zvolena na  $m_{\text{rámu}}=35$  [kg].

### Rovnováha sil

$$G = m_c \cdot g = (m_k + m_{\text{rámu}}) \cdot g = (80 + 35) \cdot 9,81 = 1128,15 \text{ [N]} \quad (3.2)$$

$$\sum F_{ix} = 0 \Rightarrow R_{AX} = F_{LX} \text{ [N]} \quad (3.3)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \Rightarrow R_{AY} - G + F_{LY} = 0 \text{ [N]} \quad (3.4)$$

### Momentová rovnováha

$$\sum M_{OA} = 0 \text{ [Nmm]} \quad (3.5)$$

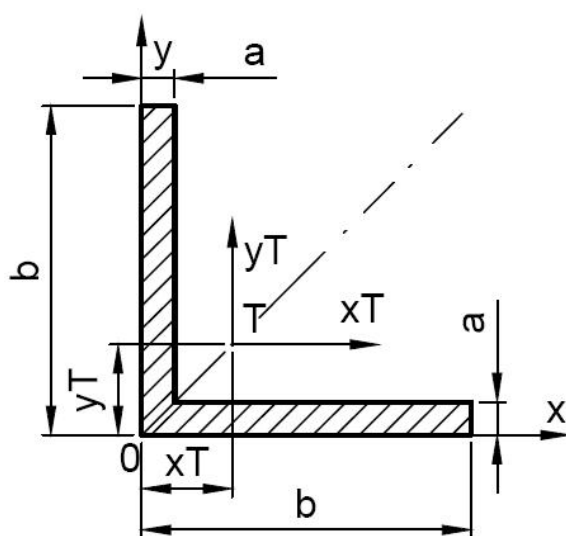
$$G \cdot \frac{L_1}{2} - F_{LY} \cdot L_1 = 0 \Rightarrow F_{LY} = \frac{G \cdot \frac{L_1}{2}}{L_1} = \frac{1128,15 \cdot \frac{2375}{2}}{2375} = 564,08 \text{ [N]} \doteq 564 \text{ [N]} \quad (3.6)$$

$$F_L = \frac{F_{LY}}{\cos(90 - \alpha)} = \frac{564,08}{\cos(90 - 45,5^\circ)} = 790,85 \text{ [N]} \doteq 791 \text{ [N]} \quad (3.7)$$

$$F_{LX} = \sqrt{F_L^2 - F_{LY}^2} = \sqrt{791^2 - 564^2} = 554,60 \doteq 554 \text{ [N]} \quad (3.8)$$

### 3.1.3 Výpočet kvadratických momentů

Jako hlavní nosný prvek po okraji rámu byl zvolen L profil 80x80x4 z hliníku, a pro tento typ bude proveden výpočet. Jako první je nutno spočítat těžiště průřezu, poté  $J_x$  a převedení na  $J_{xT}$  (obr. 3.3).



Obr. 3.3 Schéma L profilu.

### Výpočet těžiště

$$x_T = \frac{\sum S_i \cdot x_i}{\sum S_i} = \frac{b^2 \cdot \frac{b}{2} - (b-a)^2 \cdot (\frac{b-a}{2} + a)}{b^2 - (b-a)^2} = \quad (3.9)$$

$$x_T = \frac{80^2 \cdot \frac{80}{2} - (80-4)^2 \cdot (\frac{80-4}{2} + 4)}{80^2 - (80-4)^2} =$$

$$x_T = 21,49 \text{ [mm]}$$

Jelikož je profil souměrný můžeme říci:

$$x_T = y_T \text{ [mm]} \quad (3.10)$$

**Výpočet  $J_x$**  (k výpočtu použita Steinerova věta)

$$J_x = \frac{b \cdot a^3}{12} + \frac{a \cdot (b-a)^3}{12} + \left(\frac{b^2}{2}\right) \cdot a \cdot b + \left(\frac{a^2}{2}\right) \cdot a \cdot (b-a) = \quad (3.11)$$

$$J_x = \frac{80 \cdot 4^3}{12} + \frac{4 \cdot (80-4)^3}{12} + \left(\frac{80^2}{2}\right) \cdot 4 \cdot 80 + \left(\frac{4^2}{2}\right) \cdot 4 \cdot (80-4) =$$

$$J_x = 659968 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Jelikož je profil souměrný můžeme říci:

$$J_x = J_y \quad (3.12)$$

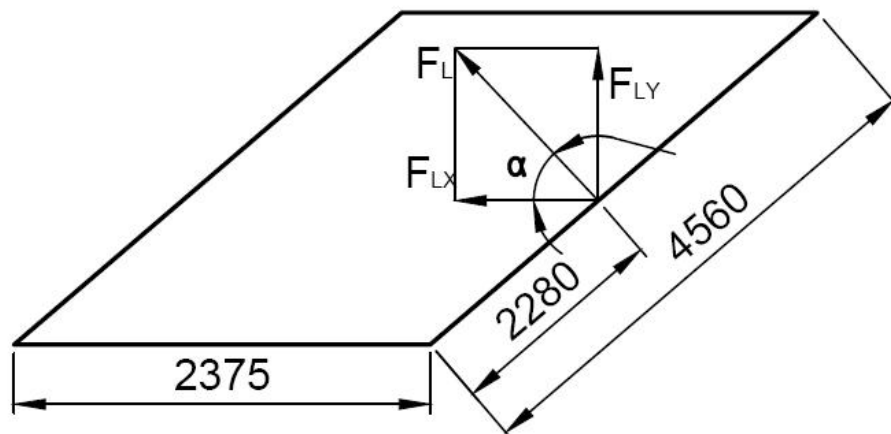
**Výpočet  $J_{xT}$**

$$J_{xT} = J_x + x_T^2 \cdot S = 659968 + 21,49^2 \cdot (80^2 - (80-4)^2) = \quad (3.13)$$

$$J_{xT} = 695056 \text{ [mm}^4\text{]}$$

### 3.1.4 Kontrola na ohyb

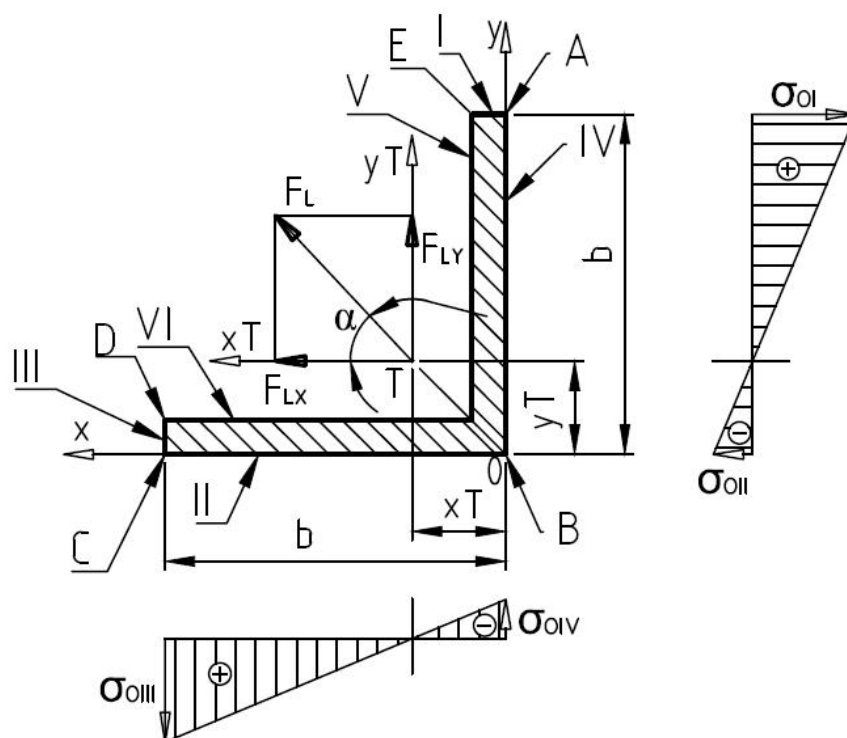
V rámci kontroly bude zkontrolována delší strana rámu na ohyb. Model výpočtu bude zjednodušen na jednotlivý L profil zatížený silou  $F_L$  uprostřed v těžišti (obr. 3.4).



Obr. 3.4 Schéma umístění síly  $F_L$

Výpočet bude proveden pro vytipovaná místa A, B, C, D a E (obr. 3.5). Tyto místa jsou nejvíce vzdálené od těžiště. V těchto místech se protínají nejvzdálenější hrany, a je předpokládáno maximum napětí. Dále bude proveden výpočet napětí na stranách I, II, III, IV, V a VI (obr. 3.5). Poté budou napětí složena a bude nalezeno maximální napětí. Toto napětí bude porovnáno s dovoleným napětím.





Obr. 3.5 Schéma umístění síly  $F_L$  v řezu a průběhy ohybových napětí v kolmých rovinách

**Napětí na straně I** (Ohybový moment, vyvozený silou v ose y)

$$M_{oi} = \frac{F_{Ly}}{2} \cdot 2280 \text{ [Nmm]} \quad (3.14)$$

$$M_{oi} = \frac{564}{2} \cdot 2280 = 642960 \text{ [Nmm]}$$

$$\sigma_{oi} = \frac{M_o}{J_{XT}} \cdot y = \frac{M_{oi}}{J_T} \cdot (b - y_T) \quad (3.15)$$

$$\sigma_{oi} = \frac{642960}{695056} \cdot (80 - 21,487) = 54,12 \text{ [MPa]}$$

kde  $y$  [mm] je vzdálenost od těžiště k počítané straně

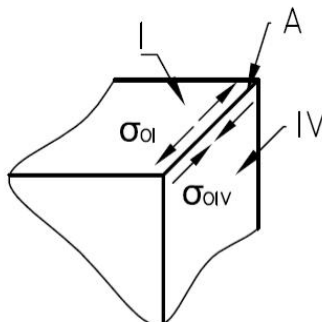
**Pak napětí na stranách I II, III, IV, V a VI viz tab. 3.1**

Tab. 3.1

	$M_o$ [Nmm]	$y$ [mm]	$\sigma_o$ [MPa]
strana I	642960	58,513	54,12732
strana II	642960	21,487	19,8765
strana III	631560	58,513	53,16762
strana IV	631560	21,487	19,52408
strana V	631560	17,487	15,8895
strana VI	642960	17,487	16,17631

### Výsledné napětí na hranách A, B, C, D a E

Nyní když jsou známa napětí na stranách, a můžou se složit do výsledných napětí. Výpočet bude proveden pro dříve vytipované hrany A, B, C, D a E. Ohybová napětí mají stejný směr lze je tedy ve společných bodech algebraicky sčítat. Viz obr. 3.6.



Obr. 3.6 Znáznornění napětí působících na hranu A

$$\sigma_A = \sigma_{OI} + \sigma_{OIV} = 54,13 + (-19,88) = 34,25 [Nmm] \quad (3.16)$$

$$\sigma_B = \sigma_{OII} + \sigma_{OIV} = -19,88 + (-19,52) = 39,4 [Nmm] \quad (3.17)$$

$$\sigma_C = \sigma_{OII} + \sigma_{OIII} = -19,88 + 53,17 = 33,29 [Nmm] \quad (3.18)$$

$$\sigma_D = \sigma_{OI} + \sigma_{OV} = 54,13 + (-15,89) = 38,24 [Nmm] \quad (3.19)$$

$$\sigma_E = \sigma_{OIII} + \sigma_{OVI} = 53,17 + (-16,18) = 36,99 [Nmm] \quad (3.20)$$

Nejvíce je zatížený profil v bodě B, proto bude provedena pevnostní kontrola pro tuto hranu.

Profily budou vyrobeny z materiálu 42 4201 AlCu4Mg (duralumin), který je vyráběn jako konstrukční materiál pro letadla, kolejová vozidla, auta, zdvihadla, jeřáby a mosty.

### 3.1.5 Určení bezpečnosti

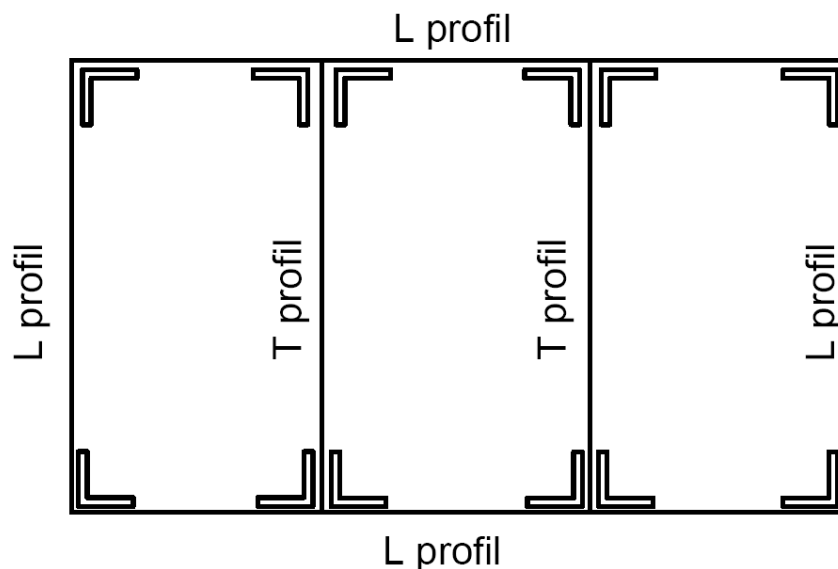
$$k_{profilu} = \frac{R_{mAl}}{\sigma_{Omax}} = \frac{180}{39,4} = 4,5 [-] \quad (3.21)$$

$R_m=180$  [MPa] voleno v rozsahu 180-400 [MPa] z literatury [1]

Bezpečnost  $k_{profilu}=4,5[-]$  vyhovuje požadavkům, jelikož model výpočtu byl zjednodušen a stabilita se zvýší přidáním T 50x50x4 profilů mezi jednotlivé desky původního termokrytu obr. 3.6.

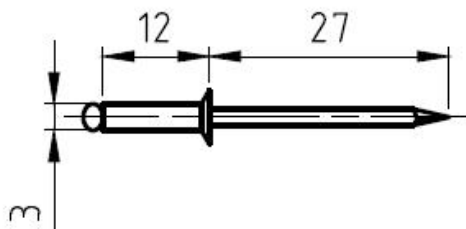
### 3.2 Kompletace profilů

Profily budou spojeny v rozích vždy na přechodu mezi dvěma profily pomocí hliníkových příložek, které se spojí s profily hliníkovými nýty. Příložky budou ze stejného materiálu, jako profily které budou spojovat, a budou o rozměrech naznačených v obr. 3.6.



Obr. 3.6 Naznačení spojovacích částí.

Nýty [4] budou trhacího typu se zápusťnou hlavou o vnějším průměru  $d_{\text{nýtu}}=3[\text{mm}]$  a délky  $L_{\text{nýtu}}=12 [\text{mm}]$ , který je určen pro spojování materiálu tloušťky  $t_{\text{materiálu}}=7$  až  $9 [\text{mm}]$ . Z materiálu hliník/ocel, kdy trn je z oceli s povrchovou úpravou ZnCr3 (obr. 3.7).



Obr. 3.7 Rozměry nýtu

### 3.3 Upevnění krytu k podlaze a k lanu zvedáku

Jelikož je hrana bazénu výše než okolní podlaha, bude rám termokrytu kloubově spojen s podstavcem. Podstavec bude vyrovnávat tento výškový rozdíl, který činí  $h_{\text{rozdíl}}=40 [\text{mm}]$ .

### 3.3.1 Podstavec

Podstavec bude tvořen hliníkovým čtyřhranem, který bude pomocí šesti šroubů připevněn k podlaze. Na podstavec budou nýty připevněny panty, které zajistí otáčení rámu o 90 [°]. Tyto panty budou zakoupeny u firmy Elesa-Gater [5] (obr. 3.8).

### 3.3.2 Uchycení lana k rámu

Pro uchycení bude použita destička s okem a kroužkem (obr. 3.9) prodávaná firmou Akros [6]. Součást je v pozinkovaném stavu, tedy pro využití ideální.

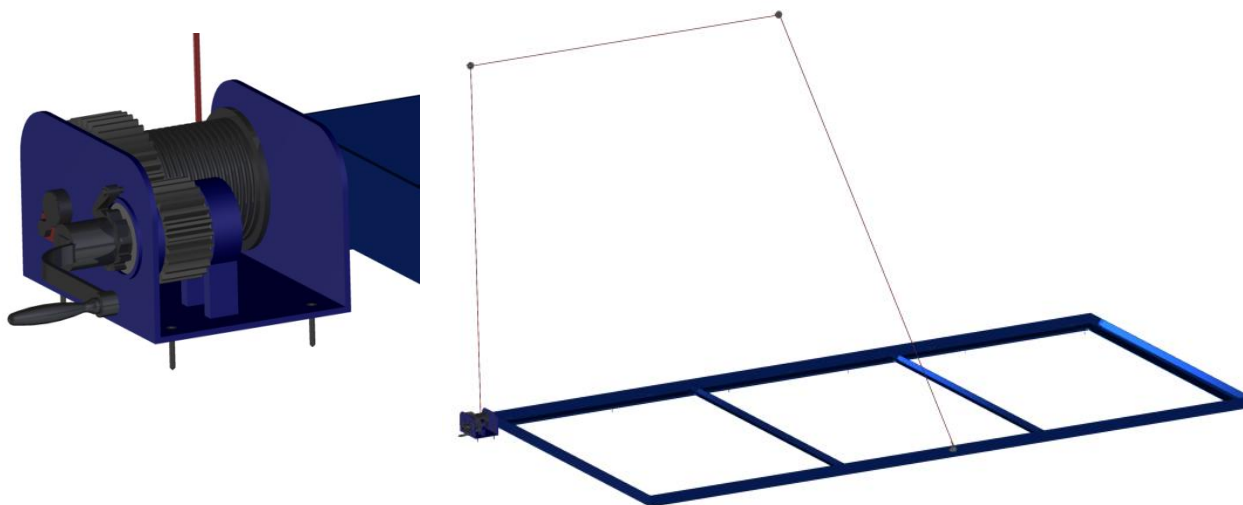


Obr. 3.8 Pant GN231-NI [5]



Obr. 3.9 Destička s okem a kroužkem [6]

## 4. Návrh a výpočet lanového navijáku



Obr. 4.1 Model kompletního rámu, zvětšenina zvedáku

### 4.1 Návrh lana

Jelikož je konstrukce rámu poměrně lehká, a prostředí je agresivní, bude zvoleno lano ze syntetického materiálu. Jako nosný prvek tedy bude použito lano firmy Lanex „Clipper 5 mm“ [7]. Toto lano se vyznačuje významnou otěru vzdorností a ohybností. Nosnost lana je 4,5 [kN], což je pro konstrukci ideální. Lano je vyrobeno z polyesteru.

### 4.2 Návrh bubnu

Jako první je potřeba určit skupinu zdvihacího zařízení. Podle této skupiny se určí součinitel  $\alpha_J$ . Naviják patří do skupiny jeřábů I, tedy lehký provoz. Pro tuto skupinu je  $\alpha_J=18$  [-]. Minimální rozměr bubnu se pak vypočítá:

$$D_{b\min} = \alpha_J \cdot d_L = 18 \cdot 5 = 90 \text{ [mm]} \quad (4.1)$$

kde  $d_L$  [mm] je průměr lana

$\alpha_J$  [-] je součinitel skupiny jeřábů [2]

upraveno podle normy  $D_b = 100$  [mm] viz literatura [2]

Minimální tloušťka stěny bubnu se stanoví ze vzorce:

$$s_{\min} = d_L = 5 \text{ [mm]} \quad (4.2)$$

Počet závitů z lana navinutého na bubnu se vypočítá:

$$z_{\text{lana}} = \frac{L4}{\pi \cdot D_b} + 2 \text{ až } 3 \text{ [závitů]} \quad (4.3)$$

$$z_{\text{lana}} = \frac{\sqrt{(L1 + L3)^2 + L2^2}}{\pi \cdot D_b} + 2a \approx 3 = \frac{\sqrt{(2375 + 80)^2 + 2500^2}}{\pi \cdot 100} + 2,85 = 14 [\text{závitů}]$$

kde  $L4 = L1 + L3$  [mm] vychází z obr. 3.1

Délka závitů lana na bubnu se pak vypočte:

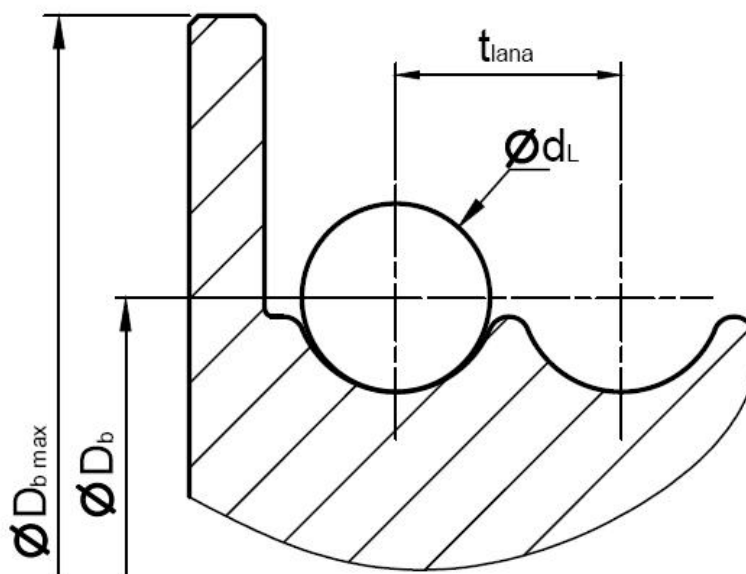
$$l_b = z_{\text{lana}} \cdot t_{\text{lana}} = 14 \cdot 6 = 85 [\text{mm}] \quad (4.4)$$

kde  $t_{\text{lana}}$  [mm] je stoupání závitů lana dle literatury [2]

Okraje bubnu budou chráněny příruba, jejichž výška se udává dle literatury [2] pro jednoduché vinutí jako 1,5d [mm]. Z tohoto vyplývající maximální průměr bubnu:

$$D_{b \max} = D_b + 2 \cdot (1,5 \cdot d_L) [\text{mm}] \quad (4.5)$$

$$D_{b \max} = 100 + 2 \cdot (1,5 \cdot 5) = 115 [\text{mm}]$$



Obr. 4.2 Poloha lana na bubnu

Síla vyvolující točivý moment na bubnu, bude procházet osou lana, tedy na průměru  $D_b$ .

$$M_{KB} = F_L \cdot \frac{D_b}{2} [\text{Nmm}] \quad (4.6)$$

$$M_{KB} = 791 \cdot \frac{100}{2} = 39550 [\text{Nmm}]$$

kde  $F_L$  [N] je rovna síle působící v laně

### Určení momentu zvedací kliky $M_{KK}$ [Nmm]

Točivý moment na hřídel je vyvozen silou  $F_K$ , která působí na kliku. Volena klika z katalogu od firmy Eles-Ganter s ramenem délky  $l_k = 160$  [mm] viz.[8].

$$M_{KK} = l_k \cdot F_K \quad [\text{Nmm}] \quad (4.7)$$

$$M_{KK} = 160 \cdot 150 = 24000 \quad [\text{Nmm}]$$

kde  $F_K = 150$  [N] volena síla vyvozená rukou

$l_k$  [mm] je délka kliky [8]

### 4.3 Návrh ozubených kol

Točivý moment bude přenášen z hnací na hnanou hřídel pomocí páru ozubených kol. Pro další výpočet je potřeba znát převodový poměr.

$$i_p = \frac{M_{KB}}{M_{KK}} \quad [-] \quad (4.8)$$

$$i_p = \frac{39550}{24000} = 1,64 \quad [-]$$

Volím převod  $i_p = 1,75$

Točivý momentu snížený o ztráty v ložiscích a v ozubení:

$$M_{KKN} = \frac{M_{KB}}{i_p \cdot \eta_L \cdot \eta_{OZ}} \quad [\text{Nmm}] \quad (4.9)$$

$$M_{KKN} = \frac{39550}{1,75 \cdot 0,98 \cdot 0,97} = 23774 \quad [\text{Nmm}]$$

kde  $\eta_L$  [-] je účinnost ložisek.  $\eta_L = 0,98$  [-]

$\eta_{OZ}$  [-] je účinnost čelního soukolí.  $\eta_{OZ} = 0,97$  [-]

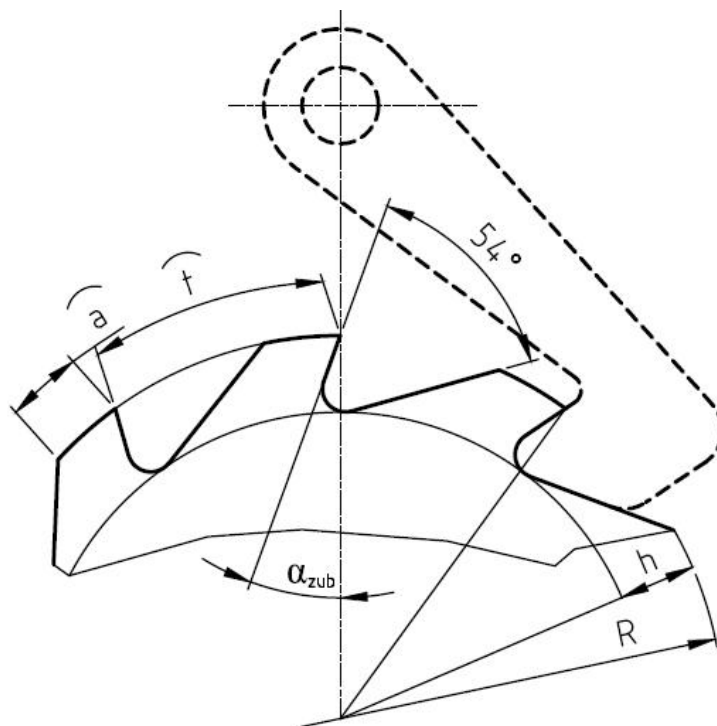
Na kliku bude potřeba vyvodit menší síla, než bylo zamýšleno. Rozdíl však není v celkovém měřítku velký, proto bude v dalším výpočtu počítáno s  $M_{KK}$  [Nmm].

Návrh i kontrola ozubení podle ČSN 014686 je provedena pomocí programů Modul a Geometrie. Za pomocí programů byl stanoven modul a geometrie ozubení. Vstupní i výstupní hodnoty programů jsou umístěny v přílohách č. I a II.



#### 4.4 Návrh rohatky

Rohatka je část zdrže, která slouží k ustavení polohy hřídele. Obvykle se používá ve spojení s lamelovými brzdami nebo spojkami, ale pro ruční zvedák stačí sama. Při výpočtu se vychází z krouticího momentu  $M_{KK}$ , který vyvozuje normálovou sílu  $N_R$  působící na zub. Tvar zubů rohatky je na obr. 4.3. Úhel sklonu zubu rohatky  $\alpha_{zub}$  se volí větší než  $17^\circ$ . Parametry rohatky se volí nebo počítají ze vzorců dle literatury [2].



Obr. 4.3 Tvar zubů rohatky

##### Pevnostní výpočet

Výpočet normály síly působící na rohatku. Tato síla vychází z točivého momentu na klíci  $M_{KK}$  [Nmm].

$$N_R = \frac{M_{KK}}{R} \text{ [N]} \quad (4.10)$$

$$N_R = \frac{24000}{25} = 960 \text{ [N]}$$

Kde  $R$  [mm] je volený poloměr zubu rohatky

Modul rohatky se určuje ze vzorce:

$$R = \frac{m_R \cdot z_R}{2} \text{ [mm]} \quad (4.11)$$

Modul se pak vypočte:

$$m_R = \frac{2 \cdot R}{z_R} \text{ [mm]} \quad (4.12)$$

$$m_R = \frac{2 \cdot 25}{10} = 5 \text{ [mm]}$$

kde  $z$  [-] je počet zubů rohatky, voleno  $z_R=10$  [-] dle [2].

Další parametry rohatky (obr. 4.3) se vypočítávají podle literatury [2].

rozteč rohatky

$$t_R = \pi \cdot m_R \text{ [mm]} \quad (4.13)$$

$$t_R = \pi \cdot 5 = 15,71 \text{ [mm]}$$

výška zubu rohatky

$$h = (0,75 \text{ až } 1) \cdot m_R \text{ [mm]} \quad (4.14)$$

$$h = 1 \cdot 5 = 5 \text{ [mm]}$$

styčná plocha západky s rohatkou

$$a_1 = (0,5 \text{ až } 0,6) \cdot m_R \text{ [mm]} \quad (4.15)$$

$$a_1 = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ [mm]}$$

délka zubu na hlavové kružnici rohatky

$$a_z = m_R \text{ [mm]} \quad (4.16)$$

$$a_z = 5 \text{ [mm]}$$

poloměr zaoblení zubu rohatky

$$r_1 = 1,5 \text{ [mm]} \quad (4.17)$$

šířka rohatky

$$b_R = (1,5 \text{ až } 3) \cdot m_R \text{ [mm]} \quad (4.18)$$

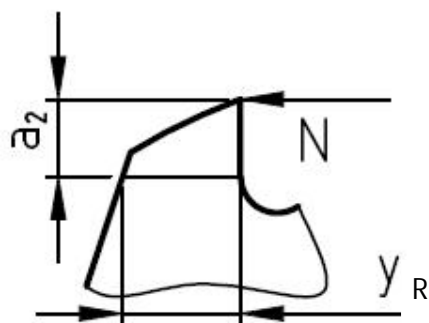
$$b_R = 2 \cdot 5 = 10 \text{ [mm]}$$

úhel sklonu zubu rohatky

$$\alpha_{zub} = 20 \text{ [}^\circ\text{]} \quad (4.19)$$

### **Kontrola zubu rohatky na ohyb**

Zuby rohatky se počítají na ohyb, jako by síla působila na vrcholu zubu (obr. 4.4). Materiál rohatky je volen podle doporučení z [2]. Materiál rohatky je stanoven 11 500.1 s mezí kluzu  $R_{e11500} = 270 \text{ [MPa]}$  [1].



Obr. 4.4 Zub rohatky

$$\sigma_{oh} = \frac{6 \cdot N_R \cdot a_2}{b_R \cdot y_R^2} [MPa] \quad (4.20)$$

$$\sigma_{oh} = \frac{6 \cdot 960 \cdot 3,18}{10 \cdot 4,84^2} = 78,19 [MPa]$$

kde  $a_2$  [-],  $y$  [-] odečteme po nakreslení obr. 4.4.

Dílčí bezpečnost se stanoví z maximálního ohybového namáhání  $\sigma_{oh}$  a z meze kluzu  $R_e$ .

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{oh}} [-] \quad (4.21)$$

$$k_s = \frac{270}{78,19} = 3,45 [-]$$

Bezpečnost vyhovuje standardní bezpečnosti.

#### 4.5 Výpočet šroubů pro spojení bubnu a ozubeného kola

Součinitel smykového tření  $f$  mezi styčnými plochami ovlivňuje velikost předpětí  $F_0$  a tím velikost šroubu. Součinitel smykového tření je zvolen  $f = 0,2$  [-] (viz.[3]) a bezpečnost přenosu krouticího momentu tření zvolena  $k = 1,5$  [-]. Jsou zvoleny šrouby M16x2 a počet šroubů  $i_s = 4$  [-].

Rozměry závitu M16x2 (viz.[1]).

$$d = 10 [mm], d_2 = 9,026 [mm], d_3 = 8,16 [mm], P = 1,5 [mm]$$

Provozní síla se stanoví z krouticího momentu na bubnu  $M_{KB}$  a průměru  $D_s$  na kterém jsou rozmístěny šrouby.

$$F_p = \frac{2 \cdot M_{KB}}{D_s} \text{ [N]} \quad (4.22)$$

$$F_p = \frac{2 \cdot 39542,5}{72} = 1098,4 \text{ [N]}$$

Z podmínky (4.22) se stanoví potřebná osová síla ve šroubu  $F_0$  (4.24) s bezpečností přenosu  $k$ .

$$k \cdot F_p \leq F_T \quad (4.23)$$

$$k \cdot F_p \leq F_0 \cdot f \cdot i_s$$

$$F_0 = \frac{k \cdot F_p}{f \cdot i_s} \text{ [N]} \quad (4.24)$$

$$F_0 = \frac{1,5 \cdot 1098,4}{0,2 \cdot 4} = 2059,5 \text{ [N]} \quad \text{[N]}$$

**Úhel stoupání závitu:**

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2} \text{ [}^\circ \text{]} \quad (4.25)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1,5}{\pi \cdot 9,026} \Rightarrow \gamma = 3,03 \text{ [}^\circ \text{]}$$

**Třecí úhel na závitu:**

Šroub bude použit bez povrchových úprav a nemazán. Pro tento typ je součinitel tření  $f_t = (0,19 \div 0,36)$  [3]. Je zvolena hodnota  $f_t = 0,2$  [-], úhel profilu metrického závitu je  $\beta = 60 \text{ [}^\circ \text{]}$ .

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_t}{\cos \frac{\beta}{2}} \text{ [}^\circ \text{]} \quad (4.26)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{0,2}{\cos \frac{60}{2}} \Rightarrow \varphi' = 13,004 \text{ [}^\circ \text{]}$$

Při výpočtu utahovacího momentu  $M_u$  (4.27) se překonává moment tření na závitu  $M_{tz}$  určený vztahem (4.28) a moment tření pod hlavou šroubu  $M_{tm}$  (4.29).

Musí tedy platit, že

$$M_u = M_{tz} + M_{tm} \text{ [Nmm]} \quad (4.27)$$

**Moment tření na závitu:**

$$M_{tz} = F_0 \cdot \operatorname{tg}(\varphi' + \gamma) \cdot \frac{d_2}{2} \text{ [Nmm]} \quad (4.28)$$

$$M_{tz} = 2059,5 \cdot \operatorname{tg}(13,004 + 3,03) \cdot \frac{9,026}{2} = 2671,1 \text{ [Nmm]}$$

Moment tření pod hlavou šroubu je určen vztahem:

$$M_{tm} = F_0 \cdot f_m \cdot \frac{s + D_d}{4} \text{ [Nmm]} \quad (4.29)$$

$$M_{tm} = 2059,5 \cdot 0,2 \cdot \frac{16 + 11}{4} = 2780,3 \text{ [Nmm]}$$

kde  $f_m$  [-] je součinitel smykového tření mezi hlavou šroubu a podložkou [3]

rozměry  $s$  [mm] a  $D_d$  [mm] z literatury [tabulky]

Potřebný utahovací moment se vypočte dle (4.27):

$$M_u = 2671,1 + 2780,3 = 5451,6 \text{ [Nmm]}$$

Namáhání šroubu v tahu  $\sigma_{Tah}$ :

$$\sigma_{Tah} = \frac{F_0}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \text{ [MPa]} \quad (4.30)$$

$$\sigma_{Tah} = \frac{2059,5}{\frac{\pi \cdot 8,16^2}{4}} = 39,38 \text{ [MPa]}$$

Namáhání šroubu v krutu  $\tau_{Mt}$ :

$$\tau_{Mt} = \frac{M_{tz}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \text{ [MPa]} \quad (4.31)$$

$$\tau_{Mt} = \frac{5451,6}{\frac{\pi \cdot 8,16^3}{16}} = 51,10 \text{ [MPa]}$$

Výpočet redukovaného zatížení  $\sigma_{red}$  (4.31) podle hypotézy HMM:

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{Tah}^2 + 3 \cdot \tau_{Mt}^2)} \text{ [MPa]} \quad (4.32)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(39,38^2 + 3 \cdot 51,10^2)} = 96,87 \text{ [MPa]}$$

Materiál na výrobu šroubů M16x2 je třídy pevnosti 4.6. Tento materiál má mez kluzu v tahu  $R_e = 240$  [MPa] [3]. Požadovaná bezpečnost musí být větší než 1,5.

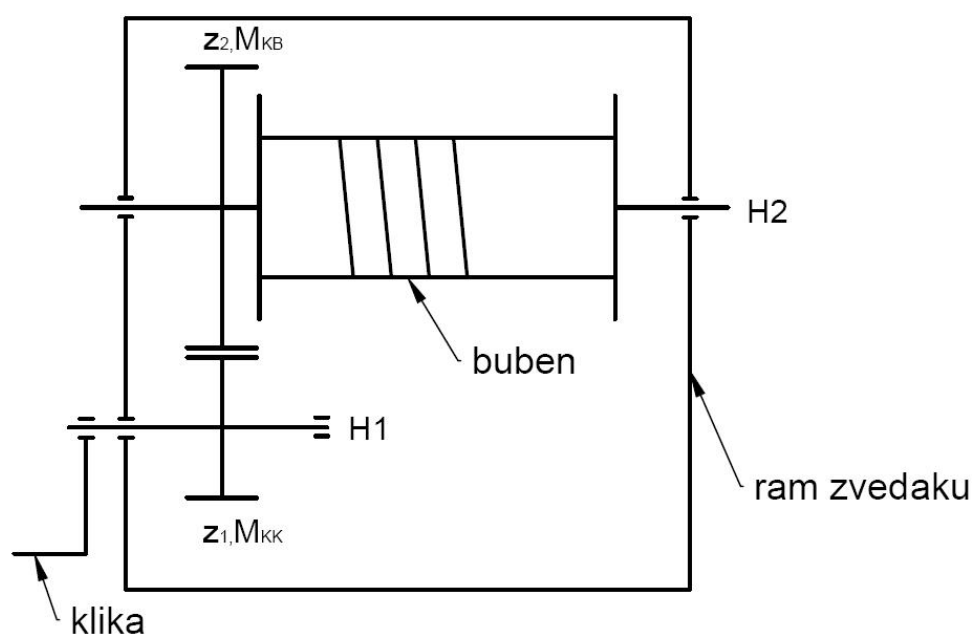
Výpočet statické bezpečnosti:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} \quad [-] \quad (4.33)$$

$$k_s = \frac{240}{33,1} = 2,47 > 1,5 \quad [-]$$

Bezpečnost plně vyhovuje požadované bezpečnosti.

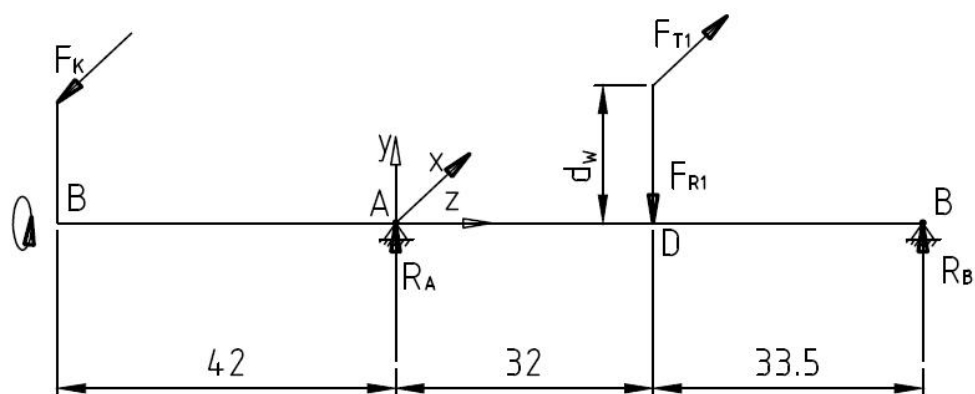
#### 4.6 Výpočet hřídele H1



Obr. 4.5 Schéma zvedáku

Bude provedena statická kontrola hřídele 1(H1). Na tuto hřídel působí točivý moment vyvozený klikou, na kterou působí síla uživatele zvedáku ( $F_K=150$ N). Na hřídeli je dále umístěno pero, které přenáší točivý moment na ozubené kolo 1. Ozubené kolo zatěžuje hřídel tečnou silou  $F_T$  a také její radiální složkou  $F_R$ . Hřídel je tedy zatížen ohybem a krutem.

Zatížení hřídele je znázorněno na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Schéma zatížení hřídele

Síly vyvozené ozubeným kolem

$$F_{T1} = \frac{2 \cdot M_{KK}}{dw} = \frac{2 \cdot M_{KK}}{m \cdot z_1} [N] \quad (4.34)$$

$$F_{T1} = \frac{2 \cdot 24000}{3 \cdot 25} = 640 [N]$$

$$F_{R1} = F_{T1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_z [N] \quad (4.35)$$

$$F_{R1} = 640 \cdot \operatorname{tg} 20 = 232,9 \doteq 233 [N]$$

**Výpočet průběhů v rovině y-z**

$$\sum F_{iy} = 0 [N] \quad (4.36)$$

$$F_{R1} - R_{Ay} - R_{By} = 0 [N]$$

$$\sum F_{iz} = 0 [N] \quad (4.37)$$

$$\sum M_{oA} = 0 [Nmm] \quad (4.38)$$

$$F_{R1} \cdot 32 - R_{By} \cdot (32 + 33,5) = 0 [N]$$

po úpravě z (4.38):

$$R_{By} = \frac{F_{R1} \cdot 32}{(32 + 33,5)} = \frac{233 \cdot 32}{(32 + 33,5)} = 113,8 \doteq 114 [N]$$

po úpravě z (4.36):

$$R_{Ay} = 233 - 114 = 119 [N]$$



Maximální ohybový moment bude v místě D

$$M_{oy \max} = R_{ay} \cdot 32 \text{ [Nmm]} \quad (4.40)$$

$$M_{oy \max} = 119 \cdot 32 = 3808 \text{ [Nmm]}$$

**Výpočet průběhů v rovině x-z**

$$\sum F_{ix} = 0 \text{ [N]} \quad (4.41)$$

$$F_K - R_{Ax} + F_{T1} - R_{Bx} = 0 \text{ [N]}$$

$$\sum F_{iz} = 0 \text{ [N]} \quad (4.42)$$

$$\sum M_{oA} = 0 \text{ [Nmm]} \quad (4.43)$$

$$F_K \cdot 42 - F_{T1} \cdot 32 + R_{Bx} \cdot (32 + 33,5) = 0 \text{ [N]}$$

po úpravě z (4.43):

$$R_{Bx} = \frac{F_{T1} \cdot 32 - F_K \cdot 42}{32 + 33,5} = \frac{640 \cdot 32 - 150 \cdot 42}{32 + 33,5} = 217 \text{ [N]}$$

po úpravě z (4.41):

$$R_{Ax} = 150 + 640 - 217 = 573 \text{ [N]}$$

Maximální ohybový moment bude v místě D

$$M_{ox \max} = R_{Bx} \cdot 33,5 \text{ [Nmm]} \quad (4.44)$$

$$M_{ox \max} = 217 \cdot 33,5 = 7270 \text{ [Nmm]}$$

**Výsledné namáhání**

$$R_A = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Ax}^2} \text{ [N]} \quad (4.44)$$

$$R_A = \sqrt{119^2 + 573^2} = 585 \text{ [N]}$$

$$R_B = \sqrt{R_{By}^2 + R_{Bx}^2} \text{ [N]} \quad (4.45)$$

$$R_B = \sqrt{114^2 + 217^2} = 245 \text{ [N]}$$

$$M_{o \max} = \sqrt{M_{oy \max}^2 + M_{ox \max}^2} \text{ [Nmm]} \quad (4.46)$$

$$M_{o \max} = \sqrt{3808^2 + 7270^2} = 8207 \text{ [Nmm]}$$

Průběh ohybových a krouticích momentů naznačeny v příloze III.

## 4.7 Výpočet průměru hřídele

Výpočet bude proveden staticky pomocí redukovaného momentu  $M_{Ored}$

$$M_{Ored} = \sqrt{M_{o\max}^2 + 3 \cdot M_{KK}^2} \quad [Nmm] \quad (4.47)$$

$$M_{Ored} = \sqrt{8207^2 + 3 \cdot 24000^2} = 42372 \quad [Nmm]$$

$$\sigma_D = \frac{M_{Ored}}{W_o} \quad [MPa] \quad (4.48)$$

$$\frac{R_{e12010}}{k_h} = \frac{M_{Ored}}{\frac{\pi \cdot d'^3}{32}} \quad [MPa]$$

Kde  $R_{e12010} \quad [MPa]$  je mez kluzu materiálu hřídele. Pro materiál 12 010.0 je dle literatury

$$[1] \quad R_{e12010} = 295 \quad [MPa]$$

$k_h \quad [-]$  je bezpečnost, voleno 1,5

$d'_h \quad [mm]$  je průměr hřídele v nebezpečném průřezu, tedy místo D (obr. 4.6)

Úpravou (4.48) se získá:

$$d'_h = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{Ored} \cdot k_h}{\pi \cdot R_{e12010}}} \quad [mm] \quad (4.49)$$

$$d'_h = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 42372 \cdot 1,5}{\pi \cdot 295}} \doteq 13 [mm]$$

Vzhledem k malému zatížení vyšla hřídel o průměru  $d'_h \doteq 13 \quad [mm]$ . Tento rozměr je však z konstrukčního hlediska nevyužitelný, a proto bude zvolen větší průměr  $d_h = 30 \quad [mm]$ . Díky tomuto se zvýší výsledná bezpečnost, a proto již není potřeba provádět dynamickou kontrolu hřídele.

## 4.8 Volba pera

Na této hřídeli je také umístěno pero, které přenáší točivý moment na ozubený pastorek. Pero tedy přenáší točivý moment  $M_{KK} \quad [Nmm]$ . Již v předchozím bodu výpočtu bylo zjištěno, že systém nepřenáší velké namáhání, proto výpočet proveden nebude a bude zvoleno pero standardní řady pro průměr hřídele  $d_h = 30 \quad [mm]$  a bude použita standardní délka.

#### **4.9 Volba ložisek**

Pro tuto volbu bude použita stejná teorie jako v předchozím bodu, a to že není potřeba výpočtu. I když je počítáno s malým zatížením ložisek, bude voleno ložisko řady 62, tedy s vyšší únosností než 60. Toto by mělo přetrvat po celou dobu životnosti konstrukce. Dále budou použita ložiska s oboustranným krytím, které zajistí mazání na celou dobu životnosti.

## **5. Závěr**

V této bakalářské práci byl navržen zvedák termokrytu bazénu podle požadovaných parametrů. Podle vymezených cílů byl navrhnut rám termokrytu, a lanový zvedák. Požadavek byl, aby byl mechanismus co nejjednodušší, a to bylo splněno. Na jednotlivých částech celku by bylo možno provedeno více návrhových a kontrolních výpočtů, avšak to velikost práce nedovoluje. Proto jsou výpočty provedeny pro stěžejní místa celku.

## 6. Literatura

### Knihy a příručky:

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Praha: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2
- [2] REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F. *Jeřáby-1.díl -druhé, přepracované a doplněné vydání*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1974. 645s. DT 621.873
- [3] DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I-spojovací části strojů* Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3

### Internet:

- [4] *Simaf* [online]. c2008 [cit. 2010-05-07]. Náš spojovací materiál je všude kolem vás. Dostupné z WWW: <[http://www.simaf.cz/public/upload/files/13\\_15\\_DIN-7337-E-CATALOGUE.pdf](http://www.simaf.cz/public/upload/files/13_15_DIN-7337-E-CATALOGUE.pdf)>
- [5] *Elesa-Ganter* [online]. c2010 [cit. 2010-05-07]. GN 237-NI Dvevní panty. Dostupné z WWW: <<http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/8348/4/89/dverni-panty/gn-237-ni/eg/>>.
- [6] *Akros* [online]. c2010 [cit. 2010-05-07]. DESTIČKY S OKEM AN 8265/A2. Dostupné z WWW: <<http://www.akros.cz/desticky-s-okem-an-8265/a2/prod/>>.
- [7] *Lanex* [online]. 04.03.2010 [cit. 2010-05-07]. CLIPPER 5 mm . Dostupné z WWW: <[http://web.lanex.cz/e-shop/select\\_det.php?id\\_vyrobek=442&z=0&odkaz=1&skupina\\_back=87&klic=&kod=&od=0&do=100000&razeni=Kat\\_cislo&rozsah=&parents=-1,87](http://web.lanex.cz/e-shop/select_det.php?id_vyrobek=442&z=0&odkaz=1&skupina_back=87&klic=&kod=&od=0&do=100000&razeni=Kat_cislo&rozsah=&parents=-1,87)>.
- [8] *Elesa-Ganter* [online]. c2010 [cit. 2010-05-07]. DIN 468 Ruční kliky. Dostupné z WWW: <<http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/7145/4/75/rucni-kliky/din-468/eg/>>.
- [9] *Alupo* [online]. c2010 [cit. 2010-03-12]. Fotogalerie bezkolejnicového zastřešení bazénů. Dostupné z WWW: <<http://www.alupo.cz/foto-bezkolejnicove-zastreseni.html>>.
- [10] *JFC* [online]. 2009 [cit. 2010-03-12]. Zastřešení bazénů. Dostupné z WWW: <<http://www.jfc.cz/2009072914/technicke-informace/>>.
- [11] *Safepool* [online]. c2010 [cit. 2010-03-12]. Lamelové zakrytí hladiny pro bazény. Dostupné z WWW: <<http://www.safepool.cz/>>.
- [12] *BazenyBrno* [online]. 2008 [cit. 2010-03-12]. Rolety pod hladinu. Dostupné z WWW: <<http://www.bazenybrno.cz/cz/s933/fotogalerie/c345-Rolety-podhladinu>>.

- [13] *Termobazény* [online]. c2010 [cit. 2010-03-12]. Celoroční bezpečnostní bazénové plachty. Dostupné z WWW: <<http://termobazeny.cz/cz/page/53/celorocni-bezpecnostni-bazenove-plachtyuniversal.html>>.
- [14] *Usspa* [online]. c2010 [cit. 2010-03-12]. Zvedák termokrytu SwimSpa. Dostupné z WWW: <[://www.usspa.cz/unique-coverlift.aspx](http://www.usspa.cz/unique-coverlift.aspx)>.

## 7. Seznam příloh

NÁZEV	OZNAČENÍ	FORMÁT
Sestava zvedáku	BEN300_1	A2
Podsestava rámu	BEN300_1_1	A1
Pastorek	BEN300_1_2_4	A3
Návrh modulu	Příloha I	A4
Geometrie ozubení	Příloha II	A4
Průběhy namáhání hřídele	Příloha III	A4

### Použitý software:

Microsoft Office Word 2007  
 Microsoft Office Powerpoint 2007  
 Autodesk AutoCAD 2010  
 Autodesk Inventor Professional 2010

## Příloha I

### Návrh modulu

Návrh byl proveden pomocí programu Modul. Výsledné zadávací okno pak vypadalo:

**Návrhový výpočet ozubení podle ČSN 01 4686 - část 4** © M. Němček VŠB-TU Ost...

Typ ozubení:  
☒ Čelní  
☐ Kuželové  
☐ Hřeben

$z_1$ : 25  
 $z_2$ : 44  
 $\beta$ : 0 [°]  
 $T_1$ : 24 [N·m]  
 $\Psi_m$ : 15  
Schéma: 3  
 $K_{H\beta}$ : 1.091  
 $K_A$ : 1.5  
 $\sigma_{Flimb}^0$ : 410 [MPa]  
 $\sigma_{Hlim}^0$ : 520 [MPa]  
 $V_{HV}$ : 200

Buttons: Help, Vyber, Help, Help, Vyber, Vyber, Vyber, Iisk, Moduly, Konec

**OHYB**

$$m_n = f_F \cdot \sqrt[3]{\frac{K_F \cdot T_1}{\Psi_m \cdot z_1 \cdot \sigma_{FP}}}$$
$$f_F = 18$$
$$K_F = K_A \cdot K_{H\beta}$$
$$\sigma_{FP} = 0,6 \cdot \sigma_{Flimb}^0$$

$m_{n\ ohyb} = 1.354$  [mm]

**DOTYK**

$$d_1 = f_H \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_1}{\Psi_{d1} \cdot \sigma_{HP}^2} \cdot \frac{u+1}{u}}$$
$$f_H = 770 \quad (\beta = 0^\circ)$$
$$f_H = 690 \quad (\beta > 0^\circ)$$
$$K_H = K_A \cdot K_{H\beta}$$
$$\sigma_{HP} = 0,8 \cdot \sigma_{Hlim}^0$$
$$\Psi_{d1} = \Psi_m \cdot \frac{\cos \beta}{z_1}$$
$$u = \frac{z_2}{z_1}$$
$$m_n = d_1 \cdot \frac{\cos \beta}{z_1}$$

$m_n = 2.588$  [mm]  
 $b = 38.8$  [mm]

<http://www.347.vsb.cz/staff/nemcek/SOFTWARE/CZ/1.htm>

Obr. 1. Zadávací okno programu Modul

Kde  $z_1, z_2$  jsou počty zubů ozubení

$\beta$  je úhel sklonu zubů

$T_1$  je točivý moment na vstupu

$\Psi_m$  je poměrná šířka ozubení

Schéma je typ uspořádání ozubených kol

$K_{H\beta}$  je součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubu po šířce

$K_A$  je součinitel pro respektování vnějších dynamických sil

$\sigma_{Flimb}^0$ ,  $\sigma_{Hlim}^0$  a  $V_{HV}$  jsou materiálové vlastnosti materiálu ozubených kol

Modul se volí podle vyššího z dvojice  $m_{n\ ohyb}$  a  $m_{n\ dotyk}$ . Z konstrukčních důvodů byl zvolen modul 3, dle doporučené řady. Šířka ozubení volena 40mm.

## Příloha II

### Geometrie ozubení

Výpočet byl proveden pomocí programu Geometrie. Výsledné zadávací okno pak vypadalo:

Obr. 1. Zadávací okno programu Geometrie

Po zadání požadovaných hodnot program provede komplexní kontrolu. Pokud soukolí nesplňuje podmínky stanovené normou je možno soukolí dále upravit. V tomto případě bylo potřeba vyrovnat skluzy. Program tedy souměrně rozdělil korekce, a zajistil správné rozměry ozubení. Pokud je vše v pořádku objeví se:

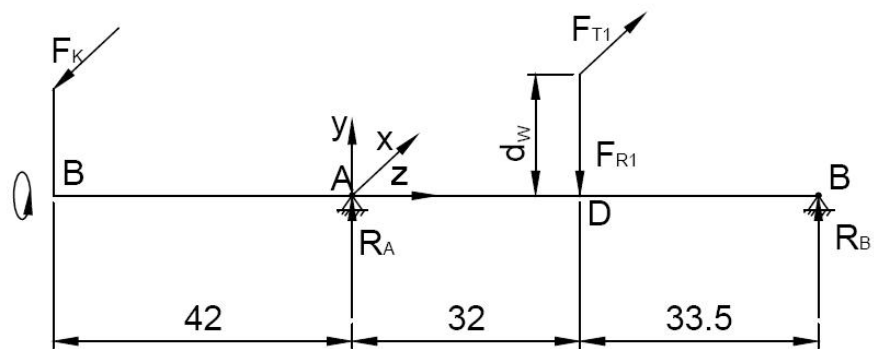
Obr. 2. Výsledek geometrické kontroly

Tlačítkem „Tabulka rozměrů“ je možno získat kompletní tabulku všech rozměrů soukolí.

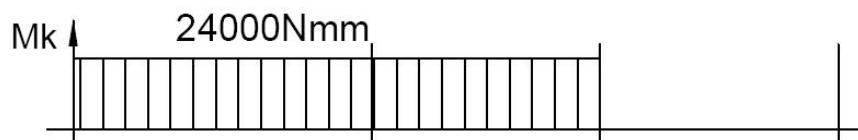


## Příloha III

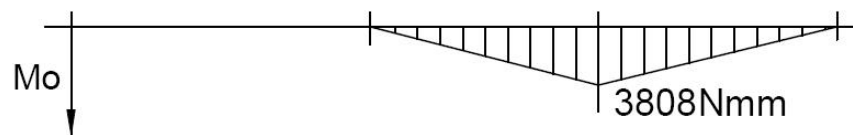
Průběhy namáhání hřídele



Průběh  $M_k$



Průběh  $M_o$  y-z



Průběh  $M_o$  x-z

